

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 2002-237841

(43)Date of publication of application : 23.08.2002

(51)Int.Cl.

H04L 12/56

H04L 29/06

H04N 17/00

(21)Application number : 2001-033314

(71)Applicant : NEC CORP

(22)Date of filing : 09.02.2001

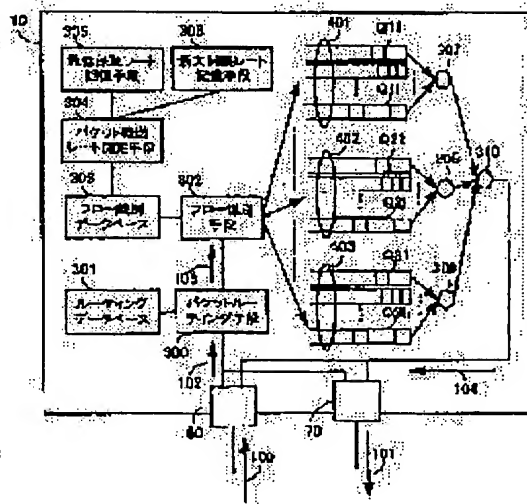
(72)Inventor : MATSUNAGA YASUHIKO

(54) SYSTEM, METHOD AND PROGRAM FOR MONITORING AND CONTROLLING PACKET TRANSFER RATE

(57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To easily and equally re-allocate an excess band while guaranteeing a packet transfer rate equal to or more than a minimum guarantee rate at the time of increase in traffic, in a packet communication network for which an agreement is made on the minimum guarantee rate and a maximum limiting rate for each service.

SOLUTION: The flows corresponding to received packets are divided into three groups: group 1 to which flows having a packet transfer rate less than the minimum guarantee rate belong, group 2 to which flows having a packet transfer rate equal to or more than the minimum guarantee rate and less than the maximum limiting rate belong, and group 3 to which flows having a packet transfer rate exceeding the maximum limiting rate belong. The packet received for the flows belonging to the group 1 are preferentially transferred before the packet received for the flows belonging to the group 2, and the packet received for the flows belonging to the group 2 are preferentially transferred before the packet received for the flows belonging to the group 3.



LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

12.02.2003

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

3558044

[Date of registration]

28.05.2004

[Number of appeal against examiner's decision]

of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's
decision of rejection]

[Date of extinction of right]

(43)公開日 平成14年8月23日(2002.8.23)

(51) Int.Cl.⁷

識別記号

FI

テーマト* (参考)

H O 4 L 12/56

200

H04L 12/56

200Z 5C061

29/06

H04N 17/00

A 5K030

H 0 4 N 17/00

H 0 4 L 13/00

305D 5K034

審査請求 未請求 請求項の数12 OL (全 14 頁)

(21)出願番号

特願2001-33314(P2001-33314)

(22) 出願日

平成13年2月9日(2001.2.9)

(71)出願人 000004237

日本電気株式会社

東京都港区芝五丁目7番1号

(72)発明者 松永 泰彦

東京都港区芝五丁目7番1号 日本電気株式会社内

(74) 代理人 100089875

弁理士 野田 茂

Fターム(参考) 50061 BB13 CC03

5K030 GA08 HA08 HB28 LA03 LC06
LE05

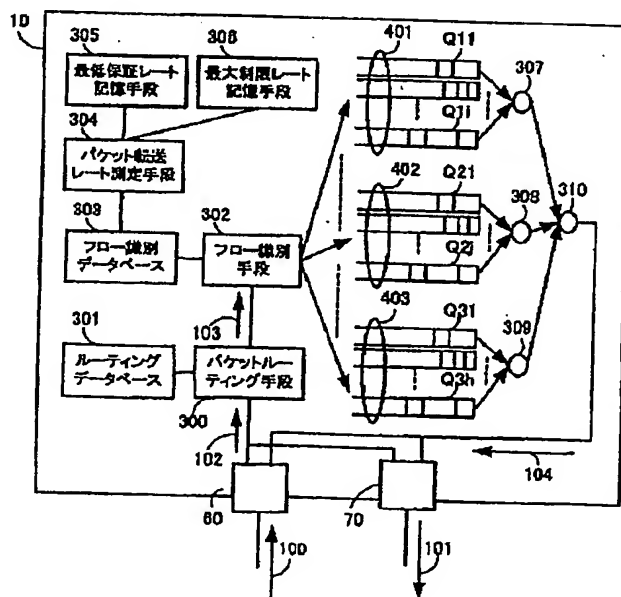
5K034 EE11 HH01 HH02 MM08 MM21

(54) 【発明の名称】 パケット転送レート監視制御装置、方法、及びプログラム

(57) 【要約】

【課題】 サービス毎にパケット転送の最低保証レートと最大制限レートを契約するパケット通信網において、トラフィック増加時にも最低保証レート以上のパケット転送速度を保証しつつ、余剰帯域の再配分を簡易かつ公平に行なう。

【解決手段】 受信パケットに対応するフローを、パケット転送レートが前記最低保証レート未満であるフローが属するグループ1と、パケット転送レートが前記最低保証レート以上であり、かつ前記最大制限レート未満であるフローが属するグループ2と、パケット転送レートが前記最大制限レートを超過したフローが属するグループ3とに分類する。グループ1が属するフローに関して受信したパケットを前記グループ2に属するフローに関して受信したパケットに優先して転送し、かつグループ2が属するフローに関して受信したパケットを前記グループ3に属するフローに関して受信したパケットに優先して転送する。



【特許請求の範囲】

【請求項1】 可変長パケットのルーティングを行なうパケット転送装置のパケット転送レート監視制御装置において、

受信パケットからその受信パケットが属する上位レイヤのフローを識別するとともに、その受信パケットの転送間隔と受信パケット長からパケット転送レートを測定し、その測定したパケット転送レートと予めフロー毎に設定されたレート情報とを比較して各受信パケットを転送する優先順位を決定することにより、

パケット転送レートが最低保証レート未満であるフローに関して受信したパケットをパケット転送レートが最低保証レート以上であるフローに関して受信したパケットよりも優先して転送し、

かつ、

パケット転送レートが最大制限レート未満であるフローに関して受信したパケットをパケット転送レートが最大制限レート以上であるフローに関して受信したパケットよりも優先して転送するようにした、

ことを特徴とするパケット転送レート監視制御装置。

【請求項2】 受信パケットのヘッダ情報から受信パケットが属する上位レイヤのフローを識別する上位レイヤフロー識別手段と、

前記上位レイヤフロー識別手段によって識別したフロー毎に受信パケットの転送間隔と受信パケット長からパケット転送レートを測定するパケット転送レート測定手段と、

前記パケット転送レート測定手段によって測定したパケット転送レートと予めフロー毎に設定された最低保証レート情報および最大制限レート情報とを比較する比較手段と、

前記比較手段によって比較した結果に基いて、受信パケットに対応するフローを、パケット転送レートが前記最低保証レート未満であるフローが属するグループ1と、パケット転送レートが前記最低保証レート以上であり、かつ前記最大制限レート未満であるフローが属するグループ2と、パケット転送レートが前記最大制限レートを超過したフローが属するグループ3とに分類する分類手段とを備え、

前記グループ1が属するフローに関して受信したパケットを前記グループ2に属するフローに関して受信したパケットに優先して転送し、かつ前記グループ2が属するフローに関して受信したパケットを前記グループ3に属するフローに関して受信したパケットに優先して転送するようにした、

ことを特徴とする請求項1記載のパケット転送レート監視制御装置。

【請求項3】 前記受信パケットを上位レイヤフロー識別手段によって識別したフロー毎に到着順にキューイングすることを特徴とする請求項2記載のパケット転送レ

ート監視制御装置。

【請求項4】 前記グループ1に属するフロー {F1、F2、……、Fi} について予め設定された最低保証レートを {K1、K2、……、Ki}、その合計をKsumとし、前記グループ1に属するフロー {F1、F2、……、Fi} に対する重み付け係数 {W1、W2、……、Wi} を $W1 = K1 / Ksum$ 、 $W2 = K2 / Ksum$ 、……、 $Wi = Ki / Ksum$ のように定義し、

前記グループ2に属するフロー {G1、G2、……、Gj} について予め設定された最低保証レートを {L1、L2、……、Lj}、その合計をLsumとし、前記グループ2に属するフロー {G1、G2、……、Gj} に対する重み付け係数 {V1、V2、……、Vj} を $V1 = L1 / Lsum$ 、 $V2 = L2 / Lsum$ 、……、 $Vj = Lj / Lsum$ のように定義し、

パケットの出力インタフェース速度をCとした場合、前記グループ1のフロー {F1、F2、……、Fi} をパケット転送レートが { $C \times W1$ 、 $C \times W2$ 、……、 $C \times Wi$ } 未満のグループ1Aと、パケット転送レートが { $C \times W1$ 、 $C \times W2$ 、……、 $C \times Wi$ } 以上のグループ1Bとに分類し、

前記グループ2のフロー {G1、G2、……、Gj} をパケット転送レートが {(C-Ksum) × V1、(C-Ksum) × V2、……、(C-Ksum) × Vj} 未満のグループ2Aと、パケット転送レートが {(C-Ksum) × V1、(C-Ksum) × V2、……、(C-Ksum) × Vj} 以上のグループ2Bとに分類し、

前記グループ1Aに属するフローに関して受信したパケットを前記グループ1Bに属するフローに関して受信したパケットに優先して転送し、前記グループ2Aに属するフローに関して受信したパケットを前記グループ2Bに属するフローに関して受信したパケットに優先して転送することを特徴とする請求項2または3記載のパケット転送レート監視制御装置。

【請求項5】 前記グループ1に属するフロー {F1、F2、……、Fi} について予め設定された最大制限レートを {M1、M2、……、Mi}、その合計をMsumとし、前記グループ1に属するフロー {F1、F2、……、Fi} に対する重み付け係数 {W1、W2、……、Wi} を $W1 = M1 / Msum$ 、 $W2 = M2 / Msum$ 、……、 $Wi = Mi / Msum$ のように定義し、

前記グループ2に属するフロー {G1、G2、……、Gj} について予め設定された最大制限レートを {N1、N2、……、Nj}、その合計をNsumとし、前記グループ2に属するフロー {G1、G2、……、Gj} に対する重み付け係数 {V1、V2、……、Vj} を $V1 = N1 / Nsum$ 、 $V2 = N2 / Nsum$ 、……、 $Vj = Nj / Nsum$ のように定義し、

パケットの出力インタフェース速度をCとした場合、前記グループ1のフロー {F1、F2、……、Fi} をパ

ケット転送レートが $\{C \times W_1, C \times W_2, \dots, C \times W_i\}$ 未満のグループ1 Aと、ケット転送レートが $\{C \times W_1, C \times W_2, \dots, C \times W_i\}$ 以上のグループ1 Bとに分類し、

前記グループ2のフロー $\{G_1, G_2, \dots, G_j\}$ をケット転送レートが $\{(C - M_{sum}) \times V_1, (C - M_{sum}) \times V_2, \dots, (C - M_{sum}) \times V_j\}$ 未満のグループ2 Aと、ケット転送レートが $\{(C - M_{sum}) \times V_1, (C - M_{sum}) \times V_2, \dots, (C - M_{sum}) \times V_j\}$ 以上のグループ2 Bとに分類し、

前記グループ1 Aに属するフローに関して受信したパケットを前記グループ1 Bに属するフローに関して受信したパケットに優先して転送し、前記グループ2 Aに属するフローに関して受信したパケットを前記グループ2 Bに属するフローに関して受信したパケットに優先して転送することを特徴とする請求項2または3記載のケット転送レート監視制御装置。

【請求項6】 前記グループ1に属するフロー $\{F_1, F_2, \dots, F_i\}$ について予め設定された最低保証レートを $\{K_1, K_2, \dots, K_i\}$ 、その合計を K_{sum} とし、前記グループ1に属するフロー $\{F_1, F_2, \dots, F_i\}$ に対する重み付け係数 $\{W_1, W_2, \dots, W_i\}$ を $W_1 = K_1 / K_{sum}$ 、 $W_2 = K_2 / K_{sum}$ 、 \dots 、 $W_i = K_i / K_{sum}$ のように定義し、前記グループ2に属するフロー $\{G_1, G_2, \dots, G_j\}$ について予め設定された最低保証レートを $\{L_1, L_2, \dots, L_j\}$ 、その合計を L_{sum} とし、前記グループ2に属するフロー $\{G_1, G_2, \dots, G_j\}$ に対する重み付け係数 $\{V_1, V_2, \dots, V_j\}$ を $V_1 = L_1 / L_{sum}$ 、 $V_2 = L_2 / L_{sum}$ 、 \dots 、 $V_j = L_j / L_{sum}$ のように定義し、

かつ、前記グループ1に属するフロー $\{F_1, F_2, \dots, F_i\}$ について予め設定された最大制限レートを $\{M_1, M_2, \dots, M_i\}$ 、その合計を M_{sum} とし、前記グループ1に属するフロー $\{F_1, F_2, \dots, F_i\}$ に対する重み付け係数 $\{W_1, W_2, \dots, W_i\}$ を $W_1 = M_1 / M_{sum}$ 、 $W_2 = M_2 / M_{sum}$ 、 \dots 、 $W_i = M_i / M_{sum}$ のように定義し、

前記グループ2に属するフロー $\{G_1, G_2, \dots, G_j\}$ について予め設定された最大制限レートを $\{N_1, N_2, \dots, N_j\}$ 、その合計を N_{sum} とし、前記グループ2に属するフロー $\{G_1, G_2, \dots, G_j\}$ に対する重み付け係数 $\{V_1, V_2, \dots, V_j\}$ を $V_1 = N_1 / N_{sum}$ 、 $V_2 = N_2 / N_{sum}$ 、 \dots 、 $V_j = N_j / N_{sum}$ のように定義し、

さらに0から1までの値をとるパラメータ α を用いることにより、前記グループ1に属するフロー $\{F_1, F_2, \dots, F_i\}$ に対する重み付け係数 $\{W_1, W_2, \dots, W_i\}$ を $W_1 = \alpha \times K_1 / K_{sum} + (1 - \alpha) \times M_1 / M_{sum}$ 、 $W_2 = \alpha \times K_2 / K_{sum} + (1 - \alpha) \times$

M_2 / M_{sum} 、 \dots 、 $W_i = \alpha \times K_i / K_{sum} + (1 - \alpha) \times M_i / M_{sum}$ のように定義し、

前記グループ2に属するフロー $\{G_1, G_2, \dots, G_j\}$ に対する重み付け係数 $\{V_1, V_2, \dots, V_j\}$ を $V_1 = \alpha \times L_1 / L_{sum} + (1 - \alpha) \times N_1 / N_{sum}$ 、 $V_2 = \alpha \times L_2 / L_{sum} + (1 - \alpha) \times N_2 / N_{sum}$ 、 \dots 、 $V_j = \alpha \times L_j / L_{sum} + (1 - \alpha) \times N_j / N_{sum}$ のように定義し、

前記パラメータ α を外部から設定可能であることを特徴とする請求項4または5記載のケット転送レート監視制御装置。

【請求項7】 受信パケットのヘッダ情報からトランスポート層のプロトコル種別を識別するプロトコル種別識別手段を備え、ケット転送レートが前記最大制限レートを超過した場合、前記プロトコル種別識別手段によって識別したトランスポート層のプロトコルに応じて、受信したパケットを廃棄するか、あるいは受信したパケットの転送をケット転送レートが前記最大制限レート以下になるまで遅延させてシェーピングを行なうかを選択することを特徴とする請求項2または3記載のケット転送レート監視制御装置。

【請求項8】 受信パケットのヘッダ情報からトランスポート層のプロトコル種別を識別するプロトコル種別識別手段を備え、前記プロトコル種別識別手段によって識別したトランスポート層プロトコルがTCP (Transmission Control Protocol) であり、かつケット転送レートが前記最大制限レートを超過した場合には、転送するパケットのヘッダにRFC 2481で定義されるCE (Congestion Experienced) ビットを付加することにより、送信側ノードに対して送信レートの抑制を通知することを特徴とする請求項2または3記載のケット転送レート監視制御装置。

【請求項9】 受信パケットのヘッダ情報からトランスポート層のプロトコル種別を識別するプロトコル種別識別手段を備え、前記プロトコル種別識別手段によって識別したトランスポート層プロトコルがTCP (Transmission Control Protocol) であり、かつケット転送レートが前記最大制限レートを超過した場合には、以後、受信側ノードから送信側ノードに向けて転送する確認応答パケットのTCPヘッダにおける受信ウィンドウサイズを0に上書きし、送信側ノードに対して送信レートの抑制を通知することを特徴とする請求項2または3記載のケット転送レート監視制御装置。

【請求項10】 可変長パケットのルーティングを行なうケット転送装置のケット転送レート監視制御方法において、

受信パケットからその受信パケットが属する上位レイヤのフローを識別するとともに、その受信パケットの転送間隔と受信パケット長からケット転送レートを測定し、その測定したケット転送レートと予めフロー毎に

設定されたレート情報とを比較して各受信パケットを転送する優先順位を決定することにより、

パケット転送レートが最低保証レート未満であるフローに関して受信したパケットをパケット転送レートが最低保証レート以上であるフローに関して受信したパケットよりも優先して転送し、

かつ、

パケット転送レートが最大制限レート未満であるフローに関して受信したパケットをパケット転送レートが最大制限レート以上であるフローに関して受信したパケットよりも優先して転送するようにした、

ことを特徴とするパケット転送レート監視制御方法。

【請求項11】 受信パケットのヘッダ情報から受信パケットが属する上位レイヤのフローを識別する上位レイヤフロー識別手順と、

前記上位レイヤフロー識別手順によって識別したフロー毎に受信パケットの転送間隔と受信パケット長からパケット転送レートを測定するパケット転送レート測定手順と、

前記パケット転送レート測定手順によって測定したパケット転送レートと予めフロー毎に設定された最低保証レート情報および最大制限レート情報とを比較する比較手順と、

前記比較手順によって比較した結果に基いて、受信パケットに対応するフローを、パケット転送レートが前記最低保証レート未満であるフローが属するグループ1と、パケット転送レートが前記最低保証レート以上であり、かつ前記最大制限レート未満であるフローが属するグループ2と、パケット転送レートが前記最大制限レートを超過したフローが属するグループ3とに分類する分類手順と、

前記グループ1が属するフローに関して受信したパケットを前記グループ2に属するフローに関して受信したパケットに優先して転送し、かつ前記グループ2が属するフローに関して受信したパケットを前記グループ3に属するフローに関して受信したパケットに優先して転送する転送制御手順と、

を有することを特徴とする請求項10記載のパケット転送レート監視制御方法。

【請求項12】 可変長パケットのルーティングを行なうパケット転送装置を制御するコンピュータの動作を制御するプログラムにおいて、

受信パケットのヘッダ情報から受信パケットが属する上位レイヤのフローを識別する上位レイヤフロー識別手順と、

前記上位レイヤフロー識別手順によって識別したフロー毎に受信パケットの転送間隔と受信パケット長からパケット転送レートを測定するパケット転送レート測定手順と、

前記パケット転送レート測定手順によって測定したパケ

ット転送レートと予めフロー毎に設定された最低保証レート情報および最大制限レート情報とを比較する比較手順と、

前記比較手順によって比較した結果に基いて、受信パケットに対応するフローを、パケット転送レートが前記最低保証レート未満であるフローが属するグループ1と、パケット転送レートが前記最低保証レート以上であり、かつ前記最大制限レート未満であるフローが属するグループ2と、パケット転送レートが前記最大制限レートを超過したフローが属するグループ3とに分類する分類手順と、

前記グループ1が属するフローに関して受信したパケットを前記グループ2に属するフローに関して受信したパケットに優先して転送し、かつ前記グループ2が属するフローに関して受信したパケットを前記グループ3に属するフローに関して受信したパケットに優先して転送する転送制御手順と、

をコンピュータに実行させることを特徴とするプログラム。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、加入者やサービス毎にパケット転送の最低保証レートまたは最大制限レートを契約するパケット通信網において、パケット転送装置に組み込むパケット転送レート監視制御装置、方法、及びプログラムに関する。

【0002】

【従来の技術】例えば双方向CATVやADSL (Asymmetric Digital Subscriber Loop) 等の高速アクセス網を利用したパケット通信では、一般に加入者と網運用事業者との間でパケット転送の最低保証レートと最大制限レートのいずれか一方、または両方を契約し、その契約値に応じて接続料金が決められる。この契約は加入者あたり1種類の場合もあれば、加入者が利用するデータ、音声、映像等のサービスに応じて複数の契約を結ぶ場合もある。特に網運用事業者がサービス毎に異なる課金体系を適用する場合には、後者のように加入者が利用するサービス毎にパケット転送の最低保証レートと最大制限レートを契約することになる。また、サービスによっては、パケット転送の最低保証レートと最大制限レートに加えて、バースト性の許容度や、最大転送遅延時間等も契約対象になる。

【0003】したがって、これらの加入者との契約内容を守るために、パケット通信網の網運用事業者が保有するパケット転送装置には、パケット転送レートの監視制御装置が必要となる。このパケット転送レート監視制御装置は、転送するパケットのヘッダ情報から上位レイヤのフローを識別し、フロー毎にパケットの転送レートと予め加入者が契約した最低保証レートや最大制限レートとの比較を行ない、この比較の結果やフローが属するサ

ービスに応じて、トラフィックの優先制御、ポリシング、シェーピング等を行なう。そして、従来のパケット転送レート監視制御装置としては、ATM (Asynchronous Transfer Mode) 交換網におけるUPC (Usage Parameter Control) 装置が知られており、例えば米国特許5,311,513号や米国特許6,064,651号、あるいは特開平9-46344号や特開平9-149046号等に記載されたものが知られている。

【0004】

【発明が解決しようとする課題】しかしながら、従来のパケット転送レート監視制御装置では、最大制限レートに関する契約値を数種類のパラメータで定義し、これに違反した場合はパケットを廃棄したり、パケットのヘッダに契約違反を示すタグを付加して転送の優先度を下げることにより、全てのフローについて最大制限レートの契約値を超えないようにするのみであった。この場合、最大制限レートと最低保証レートとが等しければこれでも良いが、これらの値が異なり、かつ各フローに対する最大制限レートの合計がパケット転送装置のインタフェース速度を上回るように設定した場合、一時的にトラフィックが増加すると、各々のフローは最大制限レートを超過していないにもかかわらず、一部のフローの最低保証レートが守られなくなるという問題があった。

【0005】そこで、本発明は、加入者が利用するサービス毎にパケット転送の最低保証レートと最大制限レートを契約するパケット通信網において、トラフィック増加時にも最低保証レート以上のパケット転送速度を保証しつつ、契約した最低保証レートや最大制限レートに応じて余剰帯域の再配分を簡易かつ公平に行なうことを目的とする。

【0006】

【課題を解決するための手段】本発明（第1の発明）は前記目的を達成するため、可変長パケットのルーティングを行なうパケット転送装置のパケット転送レート監視制御装置において、受信パケットからその受信パケットが属する上位レイヤのフローを識別するとともに、その受信パケットの転送間隔と受信パケット長からパケット転送レートを測定し、その測定したパケット転送レートと予めフロー毎に設定されたレート情報とを比較して各受信パケットを転送する優先順位を決定することにより、パケット転送レートが最低保証レート未満であるフローに関して受信したパケットをパケット転送レートが最低保証レート以上であるフローに関して受信したパケットよりも優先して転送し、かつ、パケット転送レートが最大制限レート未満であるフローに関して受信したパケットをパケット転送レートが最大制限レート以上であるフローに関して受信したパケットよりも優先して転送するようにしたことを特徴とする。したがって第1の発明によれば、加入者が利用するサービス毎にパケット転送の最低保証レートと最大制限レートを契約するパケッ

ト通信網において、トラフィック増加時にも最低保証レート以上のパケット転送速度を保証することが可能となる。

【0007】また、さらに具体的な構成としては、第2の発明によるパケット転送レート監視制御装置では、受信パケットのヘッダ情報から受信パケットが属する上位レイヤのフローを識別する上位レイヤフロー識別手段と、前記上位レイヤフロー識別手段によって識別したフロー毎に受信パケットの転送間隔と受信パケット長からパケット転送レートを測定するパケット転送レート測定手段と、前記パケット転送レート測定手段によって測定したパケット転送レートと予めフロー毎に設定された最低保証レート情報および最大制限レート情報とを比較する比較手段と、前記比較手段によって比較した結果に基づいて、受信パケットに対応するフローを、パケット転送レートが前記最低保証レート未満であるフローが属するグループ1と、パケット転送レートが前記最低保証レート以上であり、かつ前記最大制限レート未満であるフローが属するグループ2と、パケット転送レートが前記最大制限レートを超過したフローが属するグループ3とに分類する分類手段とを備え、前記グループ1が属するフローに関して受信したパケットを前記グループ2に属するフローに関して受信したパケットに優先して転送し、かつ前記グループ2が属するフローに関して受信したパケットを前記グループ3に属するフローに関して受信したパケットに優先して転送するようにしたことを特徴とする。

【0008】このように、パケット転送レートに応じてフローを3段階のグループに分類することにより、常に最低保証レート未満のフローに対するパケット転送を優先させることができるため、一時的にトラフィックが増加した場合にも全てのフローの最低保証レートを守ることができる。なお、フローが属するグループは固定的ではなく、パケット転送レートに応じて時間とともに変動する。従って、グループ1に属するフローに対する受信パケットを優先的に転送したためにグループ2に属するフローに対する受信パケットの転送がしばらく行なわれなかった場合は、グループ2に属するフローのパケット転送レートが低下し、これが最低保証レートを下回るとフローがグループ1に属するようになる。このようにして、最低保証レートを一時的に超過したフローに対しても、最低保証レートの契約値以上のパケット転送を行なうことができる。

【0009】さらに第3の発明によるパケット転送レート監視制御装置では、受信パケットを上位レイヤフロー識別手段によって識別したフロー毎に到着順にキューイングすることを特徴とする。これにより、パケットのキューイングをフロー毎に行なうことで、最大制限レートを超過したフローに属するパケットに対し、パケットの廃棄やタギングを行なうだけでなく、トラフィック特性

が最大制限レートに準拠するようにシェーピングを容易に行なうことができる。

【0010】また、第4の発明のパケット転送レート監視制御装置では、前記グループ1に属するフロー {F1、F2、……、Fi} について予め設定された最低保証レートを {K1、K2、……、Ki}、その合計をKsumとし、前記グループ1に属するフロー {F1、F2、……、Fi} に対する重み付け係数 {W1、W2、……、Wi} を $W1 = K1 / Ksum$ 、 $W2 = K2 / Ksum$ 、……、 $Wi = Ki / Ksum$ のように定義し、前記グループ2に属するフロー {G1、G2、……、Gj} について予め設定された最低保証レートを {L1、L2、……、Lj}、その合計をLsumとし、前記グループ2に属するフロー {G1、G2、……、Gj} に対する重み付け係数 {V1、V2、……、Vj} を $V1 = L1 / Lsum$ 、 $V2 = L2 / Lsum$ 、……、 $Vj = Lj / Lsum$ のように定義し、パケットの出力インタフェース速度をCとした場合、前記グループ1のフロー {F1、F2、……、Fi} をパケット転送レートが {C×W1、C×W2、……、C×Wi} 未満のグループ1Aと、パケット転送レートが {C×W1、C×W2、……、C×Wi} 以上のグループ1Bとに分類し、前記グループ2のフロー {G1、G2、……、Gj} をパケット転送レートが {(C-Ksum)×V1、(C-Ksum)×V2、……、(C-Ksum)×Vj} 未満のグループ2Aと、パケット転送レートが {(C-Ksum)×V1、(C-Ksum)×V2、……、(C-Ksum)×Vj} 以上のグループ2Bとに分類し、前記グループ1Aに属するフローに関して受信したパケットを前記グループ1Bに属するフローに関して受信したパケットに優先して転送し、前記グループ2Aに属するフローに関して受信したパケットを前記グループ2Bに属するフローに関して受信したパケットに優先して転送することを特徴とする。

【0011】また、第5の発明のパケット転送レート監視制御装置では、前記グループ1に属するフロー {F1、F2、……、Fi} について予め設定された最大制限レートを {M1、M2、……、Mi}、その合計をMsumとし、前記グループ1に属するフロー {F1、F2、……、Fi} に対する重み付け係数 {W1、W2、……、Wi} を $W1 = M1 / Msum$ 、 $W2 = M2 / Msum$ 、……、 $Wi = Mi / Msum$ のように定義し、前記グループ2に属するフロー {G1、G2、……、Gj} について予め設定された最大制限レートを {N1、N2、……、Nj}、その合計をNsumとし、前記グループ2に属するフロー {G1、G2、……、Gj} に対する重み付け係数 {V1、V2、……、Vj} を $V1 = N1 / Nsum$ 、 $V2 = N2 / Nsum$ 、……、 $Vj = Nj / Nsum$ のように定義し、パケットの出力インタフェース速度をCとした場合、前記グループ1のフロー {F1、F

2、……、Fi} をパケット転送レートが {C×W1、C×W2、……、C×Wi} 未満のグループ1Aと、パケット転送レートが {C×W1、C×W2、……、C×Wi} 以上のグループ1Bとに分類し、前記グループ2のフロー {G1、G2、……、Gj} をパケット転送レートが {(C-Msum)×V1、(C-Msum)×V2、……、(C-Msum)×Vj} 未満のグループ2Aと、パケット転送レートが {(C-Msum)×V1、(C-Msum)×V2、……、(C-Msum)×Vj} 以上のグループ2Bとに分類し、前記グループ1Aに属するフローに関して受信したパケットを前記グループ1Bに属するフローに関して受信したパケットに優先して転送し、前記グループ2Aに属するフローに関して受信したパケットを前記グループ2Bに属するフローに関して受信したパケットに優先して転送することを特徴とする。

【0012】また、第6の発明のパケット転送レート監視制御装置では、さらに0から1までの値をとるパラメータ α を用いることにより、前記グループ1に属するフロー {F1、F2、……、Fi} に対する重み付け係数 {W1、W2、……、Wi} を $W1 = \alpha \times K1 / Ksum + (1 - \alpha) \times M1 / Msum$ 、 $W2 = \alpha \times K2 / Ksum + (1 - \alpha) \times M2 / Msum$ 、……、 $Wi = \alpha \times Ki / Ksum + (1 - \alpha) \times Mi / Msum$ のように定義し、前記グループ2に属するフロー {G1、G2、……、Gj} に対する重み付け係数 {V1、V2、……、Vj} を $V1 = \alpha \times L1 / Lsum + (1 - \alpha) \times N1 / Nsum$ 、 $V2 = \alpha \times L2 / Lsum + (1 - \alpha) \times N2 / Nsum$ 、……、 $Vj = \alpha \times Lj / Lsum + (1 - \alpha) \times Nj / Nsum$ のように定義し、前記パラメータ α を外部的に設定可能であることを特徴とする。

【0013】そして、まず第4の発明において、パケットの出力インタフェース速度をCとし、グループ1に属するフロー {F1、F2、……、Fi} について測定した転送レートを {R1、R2、……、Ri}、その合計をRsumとし、グループ2に属するフロー {G1、G2、……、Gj} について測定した転送レートを {T1、T2、……、Tj}、その合計をTsumとする。そして、この場合、条件 $C > (Rsum + Tsum)$ が成立すれば、最大制限レート以下で、パケットを転送中の全てのフローに対して十分な帯域があるため、グループ1、グループ2に属するフローに関して受信したパケットは即時に転送する。

【0014】次に、条件 $Rsum \leq C \leq (Rsum + Tsum)$ が成立する場合は、まずグループ1に属するフローに関しては十分な帯域があるため、受信したパケットは即時に転送する。また、グループ2に属するフローに関しては、割り当てることのできる余剰帯域 $(C - Ksum)$ を各フローの最低保証レートを基に算出した重み付け係数 {W1、W2、……、Wj} に比例する形で再配

分し、グループ2のフローをパケット転送レートが $\{(C - K_{sum}) \times V_1, (C - K_{sum}) \times V_2, \dots, (C - K_{sum}) \times V_j\}$ 未満のグループ2Aと、パケット転送レートが $\{(C - K_{sum}) \times V_1, (C - K_{sum}) \times V_2, \dots, (C - K_{sum}) \times V_j\}$ 以上のグループ2Bとに分類し、グループ2Aに属するフローに関して受信したパケットをグループ2Bに属するフローに関して受信したパケットに優先して転送する。このように余剰帯域の再配分を行なうことにより、パケットの転送レートが最低保証レート以上、最大制限レート未満のフローについても、余剰帯域を各フローの最低保証レートに応じて公平に割り当てることができる。

【0015】また、条件 $C < R_{sum}$ が成立する場合は、グループ1に属するフローに関しても十分な帯域が確保できないため、最低保証レートを守ることができないことになる。本来は、このような事態が生じないように、新規フローの受け付け制御を行なうべきであるが、一時的なトラフィックの急増によって、 $C < R_{sum}$ になった場合は、全帯域を各フローの最低保証レートに応じて再配分する。この再配分の方法は、グループ1のフロー $\{F_1, F_2, \dots, F_i\}$ をパケット転送レートが $\{C \times W_1, C \times W_2, \dots, C \times W_i\}$ 未満のグループ1Aと、パケット転送レートが $\{C \times W_1, C \times W_2, \dots, C \times W_i\}$ 以上のグループ1Bとに分類し、グループ1Aに属するフローに関して受信したパケットをグループ1Bに属するフローに関して受信したパケットに優先して転送することによって行なう。以上のように、この第4の発明によれば、最低保証レートの契約値に基き、各フローに対して余剰帯域の再配分を行なうことが可能となる。この第4の発明は、網運用事業者が加入者に対して提供するサービスのコストが最低保証レートに応じたものになっている場合に適する。

【0016】また、第5の発明のパケット転送レート監視制御装置では、グループ1に属するフロー $\{F_1, F_2, \dots, F_i\}$ に対する重み付け係数 $\{W_1, W_2, \dots, W_j\}$ 、およびグループ2に属するフロー $\{G_1, G_2, \dots, G_j\}$ に対する重み付け係数 $\{V_1, V_2, \dots, V_j\}$ を、第4の発明のように各フローの最低保証レートではなく、各フローの最大制限レートを基に決めるものである。従って、最大制限レートの契約値に基き、各フローに対して余剰帯域の再配分を行なうことが可能となる。この第5の発明は、網運用事業者が加入者に対して提供するサービスのコストが最大制限レートに応じたものになっている場合に適する。

【0017】また、第6の発明のパケット転送レート監視制御装置では、0から1までの値をとるパラメータ α を用いて上述した第4の発明や第5の発明の重み付け係数を定義する。このパラメータ α は、網運用事業者の課金体系や運用方針等に基づき、パケット転送レート監視制御装置の外部から設定可能とする。この第6の発明に

よれば、網運用事業者が最低保証レートの契約値と最大制限レートの契約値の両方に基づいて余剰帯域の再配分を行なうことが可能である。

【0018】また、第7の発明のパケット転送レート監視制御装置は、受信パケットのヘッダ情報からトランスポート層のプロトコル種別を識別するプロトコル種別識別手段を備え、パケット転送レートが前記最大制限レートを超過した場合、前記プロトコル種別識別手段によって識別したトランスポート層のプロトコルに応じて、受信したパケットを廃棄するか、あるいは受信したパケットの転送をパケット転送レートが前記最大制限レート以下になるまで遅延させてシェーピングを行なうかを選択することを特徴とする。例えばトランスポート層のプロトコル種別がTCPの場合、最大制限レートを超過したフローのパケットを連続的に廃棄してしまうと、W. Richard Stevensによる「TCP/IP Illustrated vol.1」(Addison-Wesley)の第20章6節に記載されているように、エンドシステムがパケットの送信を再開した後、徐々に転送レートをあげるスロースタートを行なうため、実際のパケット転送レートが常に最大制限レートを大きく下回るような問題が発生する場合がある。この問題は、最大制限レート超過時にパケットを廃棄せず、シェーピングを行なうことによって回避可能であるが、全てのトランスポート層プロトコルがこのようなスロースタートを行なうわけではないので、常にシェーピングを行なうとシェーピング用のバッファを無駄に消費することになる。そこで、この第7の発明のように、トランスポート層プロトコルに応じてパケット廃棄とシェーピングを切り替えるようにすれば、最大制限レートの制約を正確に行なうだけでなく、シェーピング用のバッファを節約することができる。

【0019】また、第8の発明のパケット転送レート監視制御装置では、受信パケットのヘッダ情報からトランスポート層のプロトコル種別を識別するプロトコル種別識別手段を備え、前記プロトコル種別識別手段によって識別したトランスポート層プロトコルがTCP (Transmission Control Protocol) であり、かつパケット転送レートが前記最大制限レートを超過した場合には、転送するパケットのヘッダにRFC2481で定義されるCE (Congestion Experienced) ビットを付加することにより、送信側ノードに対して送信レートの抑制を通知することを特徴とする。RFC2481に記載されているように、ヘッダ情報にCEビットが付加されたパケットを受信側ノードが受信すると、送信側ノードに対する確認応答(ACK)パケットのヘッダ情報にECN-echoフラグをセットして送信する。送信側ノードでは、このECN-echoフラグがヘッダ情報にセットされたパケットを受信して送信レートを下げるため、パケット転送装置は例えば第7の発明におけるパケット廃棄やシェーピングを行わずとも、パケット転送レートを最

大制限レートで制約することができる。但し、この第8の発明を適用するためには、送信ノード、受信ノードのTCPが共にRFC2481をサポートしている必要がある。

【0020】また、第9の発明の packets 転送レート監視制御装置では、受信パケットのヘッダ情報からトランスポート層のプロトコル種別を識別するプロトコル種別識別手段を備え、前記プロトコル種別識別手段によって識別したトランスポート層プロトコルがTCP (Transmission Control Protocol) であり、かつパケット転送レートが前記最大制限レートを超過した場合には、以後、受信側ノードから送信側ノードに向けて転送する確認応答パケットのTCPヘッダにおける受信ウィンドウサイズを0に上書きし、送信側ノードに対して送信レートの抑制を通知することを特徴とする。これにより、送信側ノードがTCPの確認応答パケットを受信した場合、その受信ウィンドウサイズが0であった場合には、受信側ノードのバッファが枯渇したものとみなし、送信を一時停止する。以後、W. Richard Stevensによる「TCP/IP Illustrated vol.1」(Addison-Wesley)の第22章に記載されているように、送信側ノードはTCPのPersist タイマを起動し、周期的に受信側ノードの受信ウィンドウサイズをプローブして、受信ウィンドウサイズが十分大きくなると送信を再開する。パケット転送装置は、パケット転送レートが最大制限レート未満になると、確認応答パケットにおける受信ウィンドウサイズの上書きを停止するので、パケット転送レートを最大制限レートで制約することができる。

【0021】また、第10の発明は、可変長パケットのルーティングを行なうパケット転送装置のパケット転送レート監視制御方法において、受信パケットからその受信パケットが属する上位レイヤのフローを識別するとともに、その受信パケットの転送間隔と受信パケット長からパケット転送レートを測定し、その測定したパケット転送レートと予めフロー毎に設定されたレート情報とを比較して各受信パケットを転送する優先順位を決定することにより、パケット転送レートが最低保証レート以上であるフローに関して受信したパケットより優先して転送し、かつ、パケット転送レートが最大制限レート未満であるフローに関して受信したパケットをパケット転送レートが最大制限レート以上であるフローに関して受信したパケットよりも優先して転送するようにしたことを特徴とする。したがって第10の発明によれば、加入者が利用するサービス毎にパケット転送の最低保証レートと最大制限レートを契約するパケット通信網において、トラフィック増加時にも最低保証レート以上のパケット転送速度を保証することが可能となる。

【0022】また、第11の発明は、第10の発明をさらに具体化し、受信パケットのヘッダ情報から受信パケットが属する上位レイヤのフローを識別する上位レイヤ

フロー識別手順と、前記上位レイヤフロー識別手順によって識別したフロー毎に受信パケットの転送間隔と受信パケット長からパケット転送レートを測定するパケット転送レート測定手順と、前記パケット転送レート測定手順によって測定したパケット転送レートと予めフロー毎に設定された最低保証レート情報および最大制限レート情報とを比較する比較手順と、前記比較手順によって比較した結果に基づいて、受信パケットに対応するフローを、パケット転送レートが前記最低保証レート未満であるフローが属するグループ1と、パケット転送レートが前記最低保証レート以上であり、かつ前記最大制限レート未満であるフローが属するグループ2と、パケット転送レートが前記最大制限レートを超過したフローが属するグループ3とに分類する分類手順と、前記グループ1が属するフローに関して受信したパケットを前記グループ2に属するフローに関して受信したパケットに優先して転送し、かつ前記グループ2が属するフローに関して受信したパケットを前記グループ3に属するフローに関して受信したパケットに優先して転送する転送制御手順とを有することを特徴とする。

【0023】このように、パケット転送レートに応じてフローを3段階のグループに分類することにより、常に最低保証レート未満のフローに対するパケット転送を優先させることができるため、一時的にトラフィックが増加した場合にも全てのフローの最低保証レートを守ることができる。なお、フローが属するグループは固定的ではなく、パケット転送レートに応じて時間とともに変動する。従って、グループ1に属するフローに対する受信パケットを優先的に転送したためにグループ2に属するフローに対する受信パケットの転送がしばらく行なわれなかった場合は、グループ2に属するフローのパケット転送レートが低下し、これが最低保証レートを下回るとフローがグループ1に属するようになる。このようにして、最低保証レートを一時的に超過したフローに対しても、最低保証レートの契約値以上のパケット転送を行なうことができる。

【0024】また、第12の発明は、可変長パケットのルーティングを行なうパケット転送装置を制御するコンピュータの動作を制御するプログラムにおいて、受信パケットのヘッダ情報から受信パケットが属する上位レイヤのフローを識別する上位レイヤフロー識別手順と、前記上位レイヤフロー識別手順によって識別したフロー毎に受信パケットの転送間隔と受信パケット長からパケット転送レートを測定するパケット転送レート測定手順と、前記パケット転送レート測定手順によって測定したパケット転送レートと予めフロー毎に設定された最低保証レート情報および最大制限レート情報とを比較する比較手順と、前記比較手順によって比較した結果に基づいて、受信パケットに対応するフローを、パケット転送レートが前記最低保証レート未満であるフローが属するグ

ループ 1 と、パケット転送レートが前記最低保証レート以上であり、かつ前記最大制限レート未満であるフローが属するグループ 2 と、パケット転送レートが前記最大制限レートを超過したフローが属するグループ 3 とに分類する分類手順と、前記グループ 1 が属するフローに関して受信したパケットを前記グループ 2 に属するフローに関して受信したパケットに優先して転送し、かつ前記グループ 2 が属するフローに関して受信したパケットを前記グループ 3 に属するフローに関して受信したパケットに優先して転送する転送制御手順とをコンピュータに実行させることを特徴とする。

【0025】このようなプログラムによってパケット転送装置を制御するコンピュータを動作させることで、パケット転送レートに応じてフローを３段階のグループに分類することにより、常に最低保証レート未満のフローに対するパケット転送を優先させることができるため、一時的にトラフィックが増加した場合にも全てのフローの最低保証レートを守ることができる。なお、フローが属するグループは固定的ではなく、パケット転送レートに応じて時間とともに変動する。従って、グループ 1 に属するフローに対する受信パケットを優先的に転送したためにグループ 2 に属するフローに対する受信パケットの転送がしばらく行なわれなかった場合は、グループ 2 に属するフローのパケット転送レートが低下し、これが最低保証レートを下回るとフローがグループ 1 に属するようになる。このようにして、最低保証レートを一時的に超過したフローに対しても、最低保証レートの契約値以上のパケット転送を行なうことができる。

【0026】

【発明の実施の形態】以下、本発明によるパケット転送レート監視制御装置、方法、及びプログラムの実施の形態について説明する。なお、以下に説明する実施の形態は、本発明の好適な具体例であり、技術的に好ましい種々の限定が付されているが、本発明の範囲は、以下の説明において、特に本発明を限定する旨の記載がない限り、これらの態様に限定されないものとする。

【0027】図 1 は、本発明の第 1 の実施の形態を適用したパケット転送装置を含むパケット通信網の一例を示すブロック図である。以下、このパケット通信網の概要について説明する。まず、パケット転送装置 10 はインタフェース 60、70 を介して、それぞれパケット通信網 40、パケット通信網 50 に接続されている。また、送信ノード 20 は、インタフェース 80 を介してパケット通信網 40 に接続され、受信ノード 30 は、インタフェース 90 を介してパケット通信網 50 に接続される。そして、送信ノード 20 は受信ノード 30 に向けてデータパケット 100 を出力し、パケット転送装置 10 はインタフェース 60 からこのデータパケット 100 を受信する。パケット転送装置 10 は、入力されたデータパケット 100 に対し、パケットのヘッダ情報に基きルーテ

ィング処理を行ない、必要に応じてパケットのヘッダ情報を書き換えた後、インタフェース 70 からデータパケット 101 を出力する。受信ノード 30 は、このデータパケット 101 を受信すると、確認応答 (ACK) パケット 200 を送信ノード 20 に向けて返送する。確認応答パケット 200 は、パケット転送装置 10 において中継され、送信ノード 10 は確認応答パケット 201 を受信する。

【0028】図 2 は、本発明の第 1 の実施の形態におけるパケット転送装置 10 の構成を詳細に示すブロック図である。パケット転送装置 10 は、インタフェース 60 からデータパケット 100 を受信すると、パケットルーティング手段 300 に出力する。パケットルーティング手段 300 は、入力されたデータパケット 102 のヘッダ情報を基にルーティングデータベース 301 を検索し、出力インタフェース 70 を決定すると共に、必要に応じてデータパケットのヘッダ情報を書き換え、フロー識別手段 302 に出力する。フロー識別手段 302 は、データパケット 103 のヘッダ情報を基にフロー識別データベース 303 を検索し、受信データパケットに対応する上位レイヤのフローを識別する。

【0029】パケット転送レート測定手段 304 は、識別したフロー毎に測定したパケット転送レートの測定値を記憶し、最低保証レート記憶手段 305 及び最大制限レート記憶手段 306 に問い合わせを行ない、パケット転送レートが最低保証レート未満か、最低保証レート以上、最大制限レート未満か、または最大制限レート以上であるかを判定する。フロー識別手段 302 は、識別したフロー毎に用意されたキューに、パケットを到着順に挿入 (キューイング) する。このフロー毎のキューは、パケット転送レートが最低保証レート未満のキュー {Q11、Q12、……、Q1i} からなるキューグループ (グループ 1) 401 と、最低保証レート以上かつ最大制限レート未満のキュー {Q21、Q22、……、Q2i} からなるキューグループ (グループ 2) 402 と、最大制限レート以上のキュー {Q31、Q32、……、Q3h} からなるキューグループ (グループ 3) 403 に分類する。

【0030】そして、キューから転送するパケットを取り出す際は、まずこのキューグループ単位で、取り出すキューを選択する。この場合、キュー選択手段 307、308、309 は、それぞれキューグループ 401、402、403 に属するフロー毎のキューを選択する。このキュー選択手段 307、308、309 におけるキュー選択方法は、単純なラウンドロビン式で行なっても良いし、フロー毎の最低保証レート、最大制限レート、パケット転送レート測定値を基に転送予定時刻を管理し、転送予定時刻の最も小さなフローのキューからパケットを取り出すようにしても良い。

【0031】また、キューグループ選択手段 310 は、

キュー選択手段307、308、309によって選択された3つのキューの内、いずれかを選択する。このキューグループ選択手段310におけるキューの選択は、キュー選択手段307によって選択されたキューをキュー選択手段308によって選択されたキューに対して優先し、キュー選択手段308によって選択されたキューをキュー選択手段309によって選択されたキューに対して優先する。従って、パケット転送レートが最低保証レート以下のフロー毎のキューは、パケット転送レートが最低保証レート以上で最大制限レート未満のフロー毎のキューに対して優先して選択される。また、パケット転送レートが最低保証レート以上で最大制限レート未満のフロー毎のキューは、パケット転送レートが最大制限レート以上のキューに対して優先して選択される。

【0032】次に、キューグループ選択手段310は、このようにして選択されたフロー毎のキューの先頭からデータパケット104を取り出し、フロー毎のパケット転送レートを測定してパケット転送レート測定手段304に格納された情報を更新する。取り出したデータパケット104はインタフェース70から出力する。なお、各々のフローが属するキューグループは随時パケット転送レートを行なう毎に変動し、同一フローに対して連続してパケット転送を行なった結果、パケット転送レートが上昇した場合は、フロー毎のキューをキューグループ401から402へ、あるいはキューグループ402から403へと移動させる。逆に同一フローに対してしばらくパケットが転送できなかった結果、パケット転送レートが低下した場合は、フロー毎のキューをキューグループ402から401へ、あるいはキューグループ403から402へと移動させる。このように本実施の形態によれば、パケットの転送レートに応じてフローを3種類のグループに分類することにより、最低保証レート未満で送信するフローに対する受信パケットを常に優先して転送できるので、一時的にトラフィックが増えた場合にも最低保証レートでの転送が保証可能になる。

【0033】図3は、本発明の第1の実施の形態におけるフロー識別データベース303、パケット転送レート測定手段304、最低保証レート記憶手段305、最大制限レート記憶手段306のデータ構造を示す説明図である。フロー識別データベース303は、送信元IPアドレス540、宛先IPアドレス541、トランスポート層プロトコル542、送信元ポート番号543、宛先ポート番号544等のパケットヘッダに関する情報を保持し、対応するフロー識別子503へのマッピングを行なう。また、パケット転送レート測定手段304は、識別したフロー毎にフロー識別子502、測定したパケット転送レート530、フローが属するキューグループ531、そのフローに関して最後にパケットを転送した最終転送時刻532、キューイング中のパケット数533からなる情報を保持し、パケットの転送時にこれらの情

報を更新する。最低保証レート記憶手段305、最大制限レート記憶手段306は、それぞれフロー識別子500、501に対応する最低保証レート510、最大制限レート520を保持する。このようなデータ構造を用いて上述したパケット転送動作を制御することが可能である。

【0034】次に本発明の他の実施の形態について説明する。図4は、本発明の第2の実施の形態におけるパケット転送装置11の構成を示すブロック図である。この第2の実施の形態では、パケット転送レートが最低保証レート未満のキューのグループを401aと401bに分類し、パケット転送レートが最低保証レート以上最大制限レート以下のキューのグループを402aと402bに分類する。この分類は以下の様に行なう。

【0035】まず、パケット転送レート測定手段311は、パケット転送レートが最低保証レート未満のフロー $\{F_1, F_2, \dots, F_i\}$ に対して測定したパケット転送レート $\{R_1, R_2, \dots, R_i\}$ の合計値 R_{sum} と、パケット転送レートが最低保証レート以上最大制限レート未満のフロー $\{G_1, G_2, \dots, G_i\}$ に対して測定したパケット転送レート $\{T_1, T_2, \dots, T_i\}$ の合計値 T_{sum} とを保持する。また、最低保証レート記憶手段312は、フロー $\{F_1, F_2, \dots, F_i\}$ に対して予め設定された最低保証レート $\{K_1, K_2, \dots, K_i\}$ の合計値 K_{sum} と、フロー $\{G_1, G_2, \dots, G_j\}$ に対して予め設定された最低保証レート $\{L_1, L_2, \dots, L_i\}$ の合計値 L_{sum} を保持し、フロー $\{F_1, F_2, \dots, F_i\}$ に対する重み付け係数 $\{W_1, W_2, \dots, W_j\}$ を $W_1 = K_1 / K_{sum}$ 、 $W_2 = K_2 / K_{sum}$ 、 \dots 、 $W_j = K_j / K_{sum}$ のように計算し、フロー $\{G_1, G_2, \dots, G_j\}$ に対する重み付け係数 $\{V_1, V_2, \dots, V_j\}$ を $V_1 = L_1 / L_{sum}$ 、 $V_2 = L_2 / L_{sum}$ 、 \dots 、 $V_j = L_j / L_{sum}$ のように計算して保持する。

【0036】次に、フロー $\{F_1, F_2, \dots, F_i\}$ に対するキュー $\{Q_{11}, Q_{12}, \dots, Q_{1i}\}$ は、パケットの出力インタフェース70のインタフェース速度をCとした場合、パケット転送レートが $\{C \times W_1, C \times W_2, \dots, C \times W_i\}$ 未満のキューグループ401aと、パケット転送レートが $\{C \times W_1, C \times W_2, \dots, C \times W_i\}$ 以上のキューグループ401bとに分類し、フロー $\{G_1, G_2, \dots, G_j\}$ に対するキュー $\{Q_{21}, Q_{22}, \dots, Q_{2j}\}$ は、パケット転送レートが $\{(C - K_{sum}) \times V_1, (C - K_{sum}) \times V_2, \dots, (C - K_{sum}) \times V_j\}$ 未満のキューグループ402aと、パケット転送レートが $\{(C - K_{sum}) \times V_1, (C - K_{sum}) \times V_2, \dots, (C - K_{sum}) \times V_j\}$ 以上のキューグループ402bとに分類する。

【0037】ここで、キューグループ選択手段310はキューグループ401aに属するキューをキューグルー

プ401bに属するキューに優先して選択し、キューグループ402aに属するキューをキューグループ402bに属するキューに優先して選択する。このように出力キューの選択を行なった場合、受信パケットの転送は入力されるトラフィックの量に応じて次のようになる。

(1) 条件 $C < (R_{sum} + T_{sum})$ が成立する場合
この場合、最大制限レート以下でパケットを転送中のすべてのフローに対して十分な帯域があるため、キューグループ401a、401b、402a、402bに属するフローに関して受信したパケットは即時に転送される。

【0038】(2) 条件 $R_{sum} \leq C \leq (R_{sum} + T_{sum})$ が成立する場合

この場合、キューグループ401a、401bに属するフローに関しては十分な帯域があるため、受信したパケットは即時に転送される。キューグループ402aに属するフローに関して受信したパケットは、キューグループ402bに属するフローに関して受信したパケットに優先して転送される。なお、第1の実施の形態と同様に、同一のフローに対して連続してパケット転送を行なった結果、パケット転送レートが上昇した場合には、フロー毎のキューをキューグループ402aから402b、403へと移動させる。逆に同一フローに対してしばらくパケットが転送できなかった結果、パケット転送レートが低下した場合は、フロー毎のキューをキューグループ403から402bへ、あるいは402bから402aへと移動させる。このようにパケット転送レートが最低保証レート以上最大制限レート未満のフローに関するパケットキューをパケット転送レートに応じて2つのグループに分類することにより、各フローの最低保証帯域に応じて余剰帯域を公平に分配することができる。

【0039】(3) 条件 $C < R_{sum}$ が成立する場合
この場合、キューグループ401a、401bに属するフローに関しても十分な帯域が確保できないため、最低保証レートを守ることができない。各フローに対して予約する最低保証帯域の合計が回線レートを上回ることを認めた場合、一時的に入力トラフィック量が増大すると、このような状況が発生する。キューグループ401aに属するフローに関して受信したパケットは、キューグループ401bに属するフローに関して受信したパケットに優先して転送される。従って、パケット転送レートが最低保証レート未満のフローに対し、各フローの最低保証帯域に応じて出力回線の全帯域(C)を公平に分配することができる。以上のように、本発明の第2の実施の形態によれば、各フローの最低保証レートの契約値に基き、各フローに対して余剰帯域の再配分を行なうことが可能となる。本実施の形態は、網運用事業者が加入者に対して提供するサービスのコストが最低保証レートに応じたものになっている場合に適している。

【0040】次に、本発明の第3の実施の形態について

説明する。この第3の実施の形態におけるパケット転送装置の構成は、上述した第2の実施の形態におけるパケット転送装置11の構成と同様である。また、この第3の実施の形態における最大制限レート記憶手段313は、フロー $\{F_1, F_2, \dots, F_i\}$ に対して予め設定された最大制限レート $\{M_1, M_2, \dots, M_i\}$ の合計値 M_{sum} と、フロー $\{G_1, G_2, \dots, G_j\}$ に対して予め設定された最大制限レート $\{N_1, N_2, \dots, N_i\}$ の合計値 N_{sum} を保持し、フロー $\{F_1, F_2, \dots, F_i\}$ に対する重み付け係数 $\{W_1, W_2, \dots, W_j\}$ を $W_1 = M_1 / M_{sum}$ 、 $W_2 = M_2 / M_{sum}$ 、 \dots 、 $W_j = M_j / M_{sum}$ のように計算し、フロー $\{G_1, G_2, \dots, G_j\}$ に対する重み付け係数 $\{V_1, V_2, \dots, V_j\}$ を $V_1 = N_1 / N_{sum}$ 、 $V_2 = N_2 / N_{sum}$ 、 \dots 、 $V_j = N_j / N_{sum}$ のように計算して保持する。

【0041】キュー $\{Q_{11}, Q_{12}, \dots, Q_{1i}\}$ は、上述のように最大制限レートを基にして決めた重み付け係数 $\{W_1, W_2, \dots, W_i\}$ を基にキューグループ401aと401bに分類し、キュー $\{Q_{21}, Q_{22}, \dots, Q_{2j}\}$ は上記のように最大制限レートを基にして決めた重み付け係数 $\{V_1, V_2, \dots, V_j\}$ を基にキューグループ402aと402bに分類する。以後、第2の実施の形態と同様に、キューグループ選択手段310はキューグループ401aに属するキューを、キューグループ401bに属するキューに優先して選択し、また、キューグループ402aに属するキューを、キューグループ402bに属するキューに優先して選択する。このように出力キューの選択を行なうことにより、各フローの最大制限レートの契約値に基き、各フローに対して余剰帯域の再配分を行なうことが可能となる。本実施の形態は、網運用事業者が加入者に対して提供するサービスのコストが最大制限レートに応じたものになっている場合に適している。

【0042】なお、本発明の第2の実施の形態および第3の実施の形態において、余剰帯域の分配に用いる重み付け係数 $\{W_1, W_2, \dots, W_i\}$ 、 $\{V_1, V_2, \dots, V_j\}$ の計算方法は必ずしも上述した方法の限りではない。例えば、網運用者がサービスの最低保証レートと最大制限レートの契約値の双方に基づき、余剰帯域の分配方針を決めようとする場合には、パケット転送装置の外部より、0から1までの範囲でパラメータ α を与え、このパラメータ α を用いて、

$$W_1 = \alpha \times K_1 / K_{sum} + (1 - \alpha) \times M_1 / M_{sum}$$

$$W_2 = \alpha \times K_2 / K_{sum} + (1 - \alpha) \times M_2 / M_{sum}$$

$$\dots, W_i = \alpha \times K_i / K_{sum} + (1 - \alpha) \times M_i / M_{sum}$$
 および、

$$V_1 = \alpha \times L_1 / L_{sum} + (1 - \alpha) \times N_1 / N_{sum}$$

$$V_2 = \alpha \times L_2 / L_{sum} + (1 - \alpha) \times N_2 / N_{sum}$$

……、 $V_j = \alpha \times L_j / L_{sum} + (1 - \alpha) \times N_j / N_{sum}$

のように計算する方法が挙げられる。

【0043】次に、本発明の第4の実施の形態について説明する。図5は、この第4の実施の形態におけるパケット転送レート測定手段314のデータ構造を示す説明図である。上述した第1の実施の形態と同様に、フロー毎にパケット転送レート534、キューグループ535、最終転送時刻536、キューイング中パケット数537を保持し、加えてフロー毎に最大制限レート超過時の処理方法538を保存している。最大制限レート超過時の処理方法としては、トラフィックのシェーピング(Shape)、受信したパケットの廃棄(Drop)、パケットの確率的な廃棄(Random-Drop)等がある。さらに、トランスポート層プロトコルがTCPの場合、上記の処理方法に加えて、パケットヘッダへのCongestion Experiencedビットの付加(ECN)、確認応答パケットの受信ウィンドウサイズの0上書き(Zero-Window)を指定することもできる。

【0044】この最大制限レート超過時の処理方法538は、フロー識別データベース303に格納されたフロー識別条件における、トランスポート層プロトコル542に基いて決める。例えば、トランスポート層プロトコルがUDPの場合は最大制限レート超過時処理方法を(Drop)とし、トランスポート層プロトコルがTCPの場合は、Shape、(Shape, ECN)、またはRandom-Dropのようにする。トランスポート層プロトコルがTCPで最大制限レート超過時にCongestion Experiencedビットの付加を行なった場合、受信ノードは送信ノードに対して返送する確認応答パケットにおいて、パケット転送の経路中で輻輳が発生したことを送信ノードに通知するため、送信ノードは最大制限レート以下になるまで送信レートを自動的に低減する。

【0045】また、トランスポート層プロトコルがTCPの場合、最大制限レート超過時に受信ノードから返送される確認応答パケットにおける受信ウィンドウサイズを0に上書きすると、送信ノードは以後のパケット送信を一時的に停止する。以後、送信ノードはTCPのPersist タイマを起動し、受信ウィンドウサイズが十分大きくなるまで周期的に受信ノードの受信ウィンドウサイズをプローブする。パケット転送装置は、パケット転送レートが最大制限レート未満になると、確認応答パケットにおける受信ウィンドウサイズの上書きを停止するため、パケット転送レートを最大制限レートに抑えることができる。このように、最大制限レート超過時の処理方法を、フロー識別条件のトランスポート層プロトコルに基き選択することにより、シェーピングに必要なバッファを削減し、またシェーピングに必要な処理負荷を軽減することができる。

【0046】なお、本発明は以上のような各構成のパケ

ット転送装置に含まれるパケット転送レート監視制御装置とともに、上述した各手順より構成されるパケット転送レート監視制御方法、及びパケット転送装置を制御するCPU等の各コンピュータに上述した各手順を実行させるためのプログラムを含むものである。

【0047】

【発明の効果】以上説明したように本発明のパケット転送レート監視制御装置によれば、加入者が利用するサービス毎にパケット転送の最低保証レートと最大制限レートを契約するパケット通信網において、トラフィック増加時にも最低保証レート以上のパケット転送速度を保証することができ、さらに、最低保証レート以上のパケット転送速度を保証しつつ、契約した最低保証レートや最大制限レートに応じて余剰帯域の再配分を簡易かつ公平に行なうことも可能となる。

【0048】また、本発明のパケット転送レート監視制御方法においても同様に、加入者が利用するサービス毎にパケット転送の最低保証レートと最大制限レートを契約するパケット通信網において、トラフィック増加時にも最低保証レート以上のパケット転送速度を保証することができ、さらに、最低保証レート以上のパケット転送速度を保証しつつ、契約した最低保証レートや最大制限レートに応じて余剰帯域の再配分を簡易かつ公平に行なうことも可能となる。

【0049】さらに、本発明のプログラムによってパケット転送装置のコンピュータを動作させることにより、加入者が利用するサービス毎にパケット転送の最低保証レートと最大制限レートを契約するパケット通信網において、トラフィック増加時にも最低保証レート以上のパケット転送速度を保証しつつ、契約した最低保証レートや最大制限レートに応じて余剰帯域の再配分を簡易かつ公平に行なうことも可能となる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の第1の実施の形態を適用したパケット転送装置を含むパケット通信網の一例を示すブロック図である。

【図2】本発明の第1の実施の形態におけるパケット転送装置の構成を詳細に示すブロック図である。

【図3】本発明の第1の実施の形態におけるフロー識別データベース、パケット転送レート測定手段、最低保証レート記憶手段、最大制限レート記憶手段のデータ構造を示す説明図である。

【図4】本発明の第2の実施の形態におけるパケット転送装置の構成を示すブロック図である。

【図5】本発明の第4の実施の形態におけるパケット転送レート測定手段のデータ構造を示す説明図である。

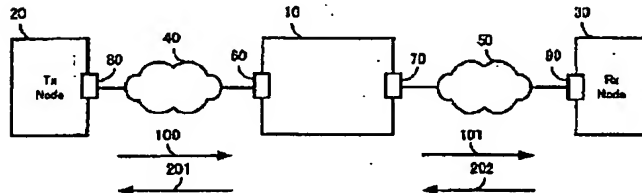
【符号の説明】

10、11……パケット転送装置、20……送信ノード、30……受信ノード、40、50……パケット通信網、60、70……インタフェース、80、90……イ

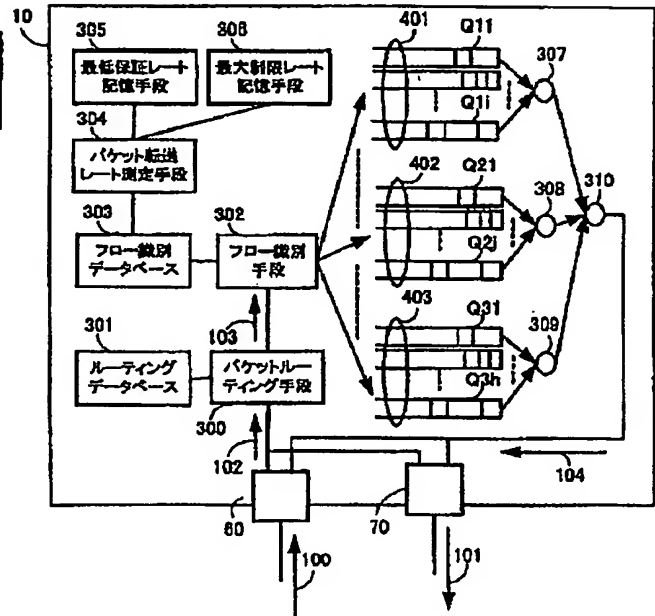
ンタフェース、300……パケットルーティング手段、
301……ルーティングデータベース、302……フロー
識別手段、303……フロー識別データベース、30
4……パケット転送レート測定手段、305……最低保

証レート記憶手段、306……最大制限レート記憶手
段、307、308、309……キュー選択手段、31
0……キューグループ選択手段。

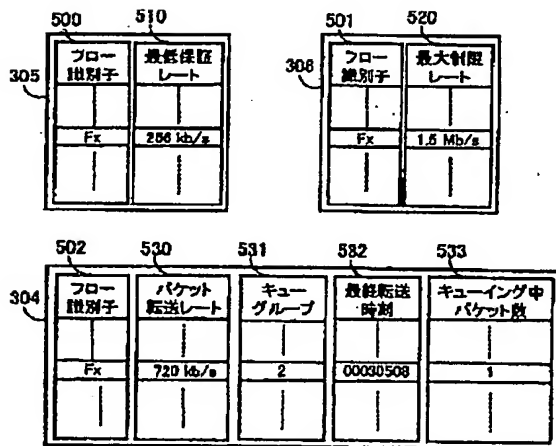
【図1】



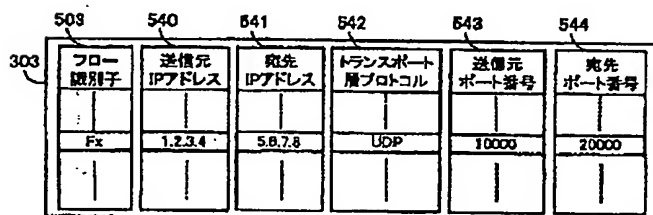
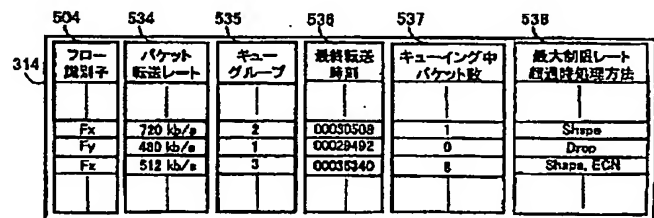
【図2】



【図3】



【図5】



【図4】

